

ヒト汗腺がヘリカルアンテナとして機能した場合の共振周波数

Possible resonance frequency of human sweat ducts as a helical antenna

名大¹, 理研² ○宮田 瑛介¹, サロジ・トリパティ¹, 山田 晴仁¹, 川瀬 晃道^{1,2}Nagoya Univ.¹, RIKEN.² °Eisuke Miyata¹, Saroj R. Tripathi¹, Haruhito Yamada¹, Kodo Kawase^{1,2}

E-mail: miyata.eisuke@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

テラヘルツ波は人体に安全であることから、近年テラヘルツ波の医学生体応用が期待されている。他方、ヒトの角質層に存在するエクリン汗腺が整った螺旋構造をしていることから、ミリ波～テラヘルツ波帯の電磁波に対しヘリカルアンテナとして機能する可能性が Feldman らにより報告されている[1]。本研究ではテラヘルツ波帯での汗腺のアンテナ機能を検証するために、汗腺のヘリカルアンテナとしての共振周波数に着目し、共振周波数を求めるうえで重要となる汗腺の外径および角質層の誘電率を調べた。

ヘリカルアンテナの共振周波数は以下の式で表すことができ、 C_0 は光の速さ、 $C(=\pi D)$ はアンテナの外周、 D はアンテナの外径、 ε は誘電率を表している。

$$\frac{3C_0}{4C\sqrt{\varepsilon}} < f < \frac{4C_0}{3C\sqrt{\varepsilon}}$$

上式より、汗腺のヘリカルアンテナとしての共振周波数を求めるうえで重要なパラメータは、汗腺アンテナの外径と角質層の誘電率である。そこで、手のひらの汗腺のヘリカル構造を確認することができる Optical Coherence Tomography(OCT)を用いて、性別、年齢が異なる 28 名の被験者に対し図 1 のように手足の様々な場所で汗腺を測定した。その結果、汗腺の外径に関しては測定箇所でのばらつきは非常に小さく、平均を取ると $95\mu\text{m}$ となった。また、同様に被験者に対して OCT により得た手のひら角質層の厚さ（平均 $210\mu\text{m}$ ）と、テラヘルツ時間領域分光法

(Terahertz-Time Domain Spectroscopy :THz-TDS) で測定した、手のひらの皮膚表面及び角質層・表皮境界面で反射したテラヘルツ波の時間波形を用い (図 2 参照)、角質層の誘電率 ε を計算で求めたところ、 $\varepsilon=5.1\pm 1.3$ となった。

これらのパラメータを用いて、汗腺のヘリカルアンテナとしての共振周波数 f を求めたところ、中心周波数 $f=442\text{GHz}$ で共振することがわかった。

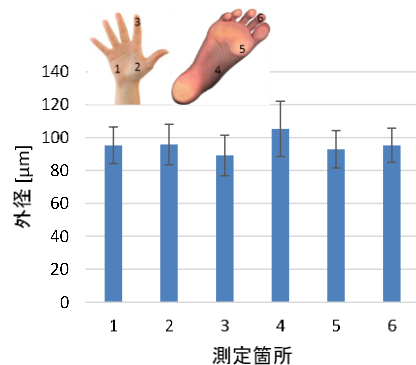


図 1. 手足における汗腺の外径の平均と標準偏差

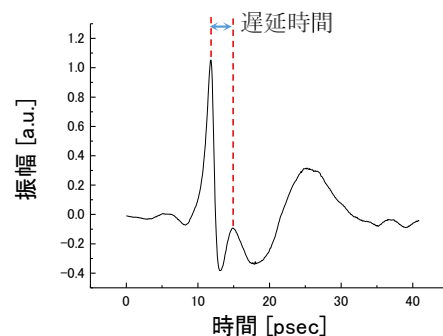


図 2. THz-TDS による手のひらの時間波形

[1] Y. Feldman, A. Puzenko, P. B. Ishai, A. Caduff, and A. J. Agranat, Phys. Rev. Lett. **100**, p. 128102 (2008).